


FİZİK-I DERSİ

BÖLÜM 12: DENGE VE ESNEKLİK

Ders kaynakları:

1. **YOUNG ve FREEDMAN, 12 Baskı, Türkçesi**

2. **Serway Fizik I, Türkçesi (Farklı Baskılar)**

ÖĞRENİM KONULARI

- Denge şartları
- Ağırlık Merkezi
- Katıların denge problemleri
- Katıların Elastik özellikleri
- Gerilme, şekil değişimi ve esneklik modülü

Denge Şartları

$$\Sigma\vec{F} = 0 \qquad \text{(dengenin birinci şartı)} \qquad (11.1)$$

$$\Sigma F_x = 0 \qquad \Sigma F_y = 0 \qquad \Sigma F_z = 0$$

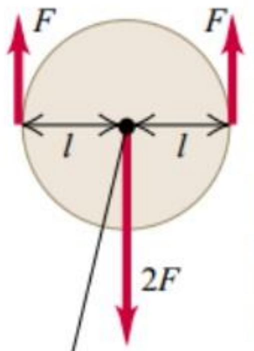
$$\Sigma\vec{\tau} = 0 \text{ her nokta etrafında} \qquad \text{(dengenin ikinci şartı)} \qquad (11.2)$$

- ❖ Dengenin her iki şartının sağlandığı durumlarda, sistem veya cisim **statik dengededir** denir.

Cismi etkileyen bütün dış kuvvetlerden kaynaklanan kuvvet momentlerinin (tork) toplamı herhangi bir noktaya göre sıfır olmalıdır.

(a) Bu cisim statik dengededir.

Denge şartları:

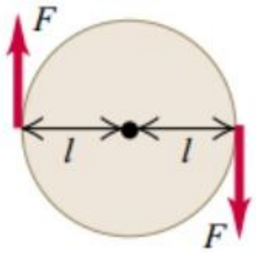


Birinci şartın yerine gelmiştir: Net kuvvet = 0, durağan cismin bir bütün olarak harekete başlama eğilimi yoktur.

İkinci şartın yerine gelmiştir: Herhangi bir eksene göre net tork = 0, durağan cismin dönmeye başlamaya eğilimi yoktur.

Dönme ekseni (şeklin düzlemine dik)

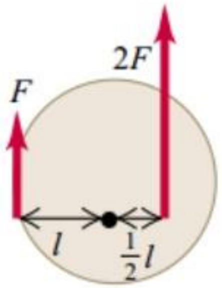
(b) Bu cismin bir bütün olarak ivmelenmeye eğilimi yoktur ama dönmeye başlama eğilimi vardır.



Birinci şart yerine gelmiştir: Net kuvvet = 0, durağan cismin bir bütün olarak harekete başlama eğilimi yoktur.

İkinci şart yerine gelmemiştir: Eksene göre saat yönünde bir net tork vardır, durağan cisim saat yönünde dönmeye başlayacaktır.

(c) Bu cismin bir bütün olarak ivmelenmeye eğilimi vardır fakat dönmeye başlama eğilimi yoktur.



Birinci şart yerine gelmemiştir: Yukarı doğru net kuvvet vardır, durağan cisim yukarı doğru harekete başlayacaktır.

İkinci şart yerine gelmiştir: Dönme eksenine göre tork (kuvvetlerin net momenti) = 0, durağan cismin dönmeye başlama eğilimi yoktur.

Ağırlık Merkezi

Önce kütle merkezi tanımını ele alalım. Kütleleri m_1, m_2 . . . ve koordinatları (x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2) . . . olan parçacık topluluğunun kütle merkezi koordinatları x_{km}, y_{km} ve z_{km} şöyledir;

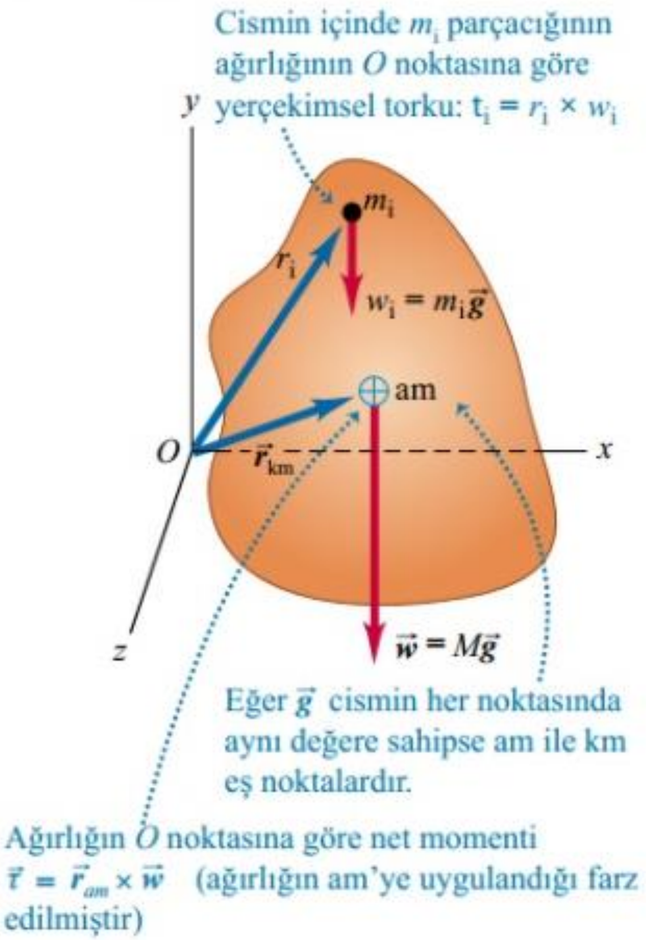
$$x_{km} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3 + \cdots}{m_1 + m_2 + m_3 + \cdots} = \frac{\sum_i m_i x_i}{\sum_i m_i}$$

$$y_{km} = \frac{m_1y_1 + m_2y_2 + m_3y_3 + \cdots}{m_1 + m_2 + m_3 + \cdots} = \frac{\sum_i m_i y_i}{\sum_i m_i} \qquad \text{(kütle merkezi)} \qquad (11.3)$$

$$z_{km} = \frac{m_1z_1 + m_2z_2 + m_3z_3 + \cdots}{m_1 + m_2 + m_3 + \cdots} = \frac{\sum_i m_i z_i}{\sum_i m_i}$$

burada x_{km}, y_{km} ve z_{km} ayrıca kütle merkezinin konum vektörü $\vec{r}_{km}$'in bileşenleri-dir, yani eş değer vektörel denklem,

$$\vec{r}_{km} = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + m_3\vec{r}_3 + \cdots}{m_1 + m_2 + m_3 + \cdots} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{\sum_i m_i} \qquad (11.4)$$



Ağırlık Merkezi

Her m kütlesinin ağırlığının oluşturduğu torku dikkate alırsak;

$$\vec{\tau}_i = \vec{r}_i \times \vec{w}_i = \vec{r}_i \times m_i \vec{g}$$

Bütün parçacıklara üzerindeki yerçekimi kuvvetinin toplam torku,

$$\vec{\tau} = \sum_i \vec{\tau}_i = \vec{r}_1 \times m_1 \vec{g} + \vec{r}_2 \times m_2 \vec{g} + \cdots$$

$$= (m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \cdots) \times \vec{g}$$

$$= \left(\sum_i m_i \vec{r}_i \right) \times \vec{g}$$

Bu ifadeyi cismin toplam kütlesiyle çarpıp böldüğümüzde,

$$M = m_1 + m_2 + \ldots = \sum_i m_i$$

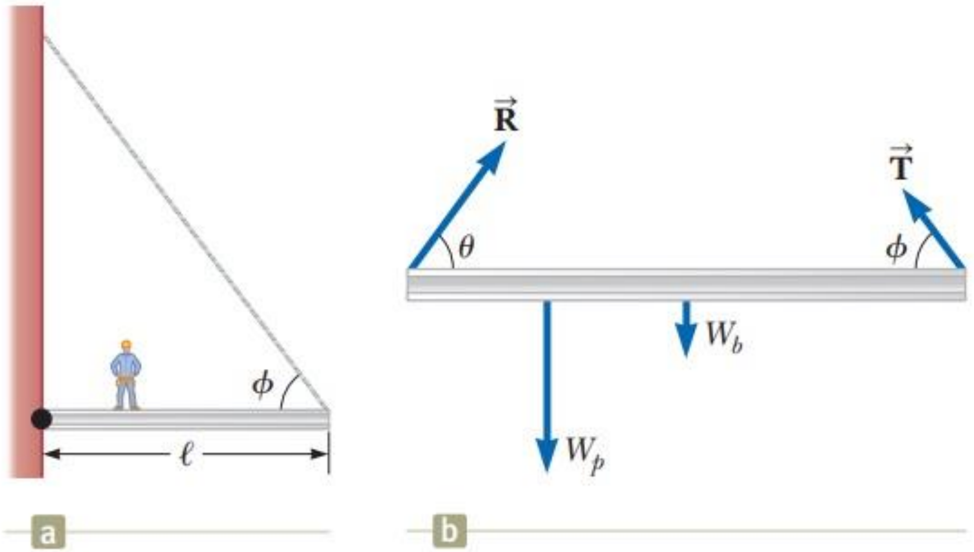
elde edilir ve

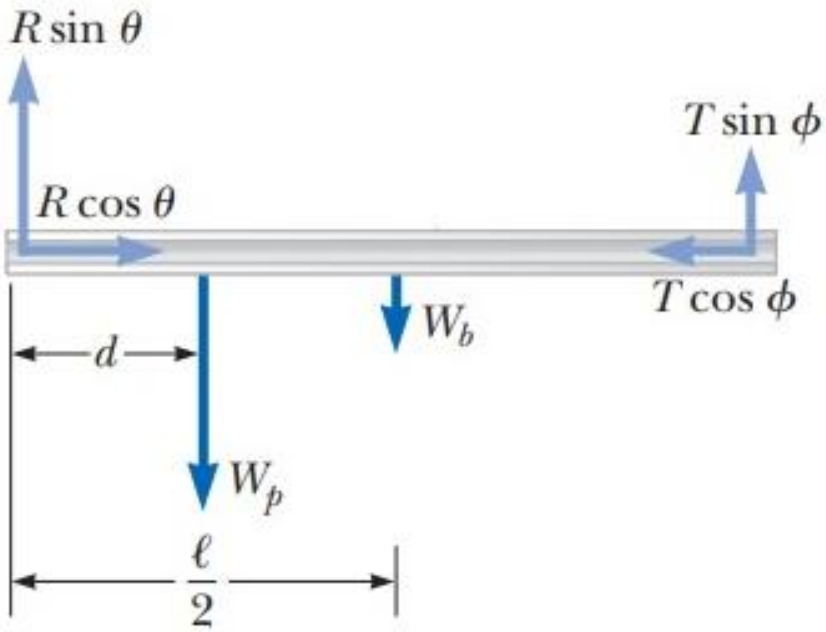
$$\vec{\tau} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \cdots}{m_1 + m_2 + \cdots} \times M\vec{g} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{\sum_i m_i} \times M\vec{g}$$

$$\vec{\tau} = \vec{r}_{km} \times M\vec{g} = \vec{r}_{km} \times \vec{w}$$

Dolayısıyla g cismin her yerine aynı değerde etkiyorsa kütle merkezi ve ağırlık merkezi aynıdır diyebiliriz.

Örnek 1. Kalas üzerine duran adam. 8 m uzunluğunda ve 200 N ağırlıklı kalas şekildeki (a) gibi bir ucundan duvara tutturulmuştur. 600 N ağırlığındaki adam duvardan 2 m ileride ayakta durduğuna göre halattaki gerilme ve duvar tarafından kalasa uygulanan kuvveti bulunuz ($\emptyset = 53^0$).





$\Sigma\vec{F} = 0$ (dengenin birinci şartı)

$\Sigma F_x = 0 \qquad \Sigma F_y = 0 \qquad \Sigma F_z = 0$

(1) $\sum F_x = R\cos\theta - T\cos\phi = 0$

(2) $\sum F_y = R\sin\theta + T\sin\phi - W_p - W_b = 0$

$\Sigma\vec{\tau} = \mathbf{0}$ her nokta etrafında (dengenin ikinci şartı)

$$\sum \tau_z = (T\sin\phi)(\ell) - W_p d - W_b\left(\frac{\ell}{2}\right) = 0$$

$$T = \frac{W_p d + W_b(\ell/2)}{\ell \sin\phi} = \frac{(600\text{ N})(2.00\text{ m}) + (200\text{ N})(4.00\text{ m})}{(8.00\text{ m})\sin 53.0°} = \boxed{313\text{ N}}$$

$$(1)\quad \sum F_x = R\cos\theta - T\cos\phi = 0$$

$$(2)\quad \sum F_y = R\sin\theta + T\sin\phi - W_p - W_b = 0$$

$$\frac{R\sin\theta}{R\cos\theta} = \tan\theta = \frac{W_p + W_b - T\sin\phi}{T\cos\phi}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{W_p + W_b - T\sin\phi}{T\cos\phi}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left[\frac{600\text{ N} + 200\text{ N} - (313\text{ N})\sin 53.0°}{(313\text{ N})\cos 53.0°}\right] = \boxed{71.1°}$$

$$R = \frac{T\cos\phi}{\cos\theta} = \frac{(313\text{ N})\cos 53.0°}{\cos 71.1°} = \boxed{581\text{ N}}$$

Katı Cisimlerin Denge Problemleri

Katı Cisimlerin Dengesi

BELİRLEME Problemlerde dönmeyen ve ivmeye uğramayan bir katı cisim olduğunda birinci ve ikinci denge şartından faydalanmak daima yararlıdır.

TASARLAMA Aşağıdaki adımları izleyiniz:

1. Fiziki durumu tanımlayan bir çizim yapın, boyutları gösterin ve inceleyeceğiniz dengedeki cismi belirleyin.
2. Belirlenmiş cisim ve diğer cisimler üzerinde etkili olan kuvvetleri gösteren serbest cisim diyagramı çiziniz. Diğer cisimlere uygulanan kuvvetleri bu diyagrama dahil etmeyiniz. Seçtiğiniz cismin diğer cisimler üzerinde etkidiği kuvvetleri diyagramda göstermeyiniz. Her kuvvetin uygulandığı noktayı doğru olarak göstermeye özen gösteriniz; bu özen tork hesaplamalarında hayati öneme sahiptir. Bir katı cismi noktasal bir parçacık gibi temsil edemezsiniz.
3. Koordinat sistemi seçiniz ve tork için bir artı yön belirleyiniz. Seçtiğiniz eksenlere uygun olarak kuvvetleri bileşenlerini cinsinden yazınız. Daha sonra, mükerrer hesap yapmamak için orijinal kuvvetin üstünü çiziniz.
4. Torku hesaplarken referans noktası seçiminde şuna dikkat ediniz; herhangi bir kuvvetin hareket doğrultusu seçtiğiniz referans noktasından geçiyorsa, bu kuvvetin torku sıfır olur. Dolayısıyla referans noktasını akıllıca seçerek tork denkleminden bilinmeyen bir kuvveti veya onun bazı bileşenlerini yok edebilirsiniz. Cisim gerçekte seçtiğiniz noktadan geçen eksende dönmek zorunda değildir.

İŞLEM Aşağıdaki çözümleri gerçekleştirin:

1. Denge koşullarını ifade eden denklemleri yazınız. $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$ ve $\sum \tau_Z = 0$ ayrı ayrı denklemler olduklarını hatırlayınız. x ve y-bileşenlerini sakın aynı denklemin içine koymayınız. Kuvvetleri bileşenleri cinsinden ifade ettiğinizde, her bileşeninin torkunu ayrı ayrı bularak esas kuvvetin torkunu hesaplayabileceğinizi de hatırlayınız. Genelde bileşenlerin kuvvet kolunu ve işaretini bulmak, esas kuvvete karşılık gelen kuvvet kolunu bulmaya göre daha kolaydır.
2. Daima bilinmeyen değişken sayısı kadar denkleme ihtiyacınız vardır. Bilinmeyenlerin sayısına bağlı olarak, yeterli sayıda denklem bulabilmek için bir veya daha fazla eksene göre torku hesaplamak ihtiyacını duyabilirsiniz. Belirli bir problem için genellikle birden fazla kuvvet ve tork denklem takımı vardır. Bu denklem takımları birbirlerine eş değerdedir ve "doğru" olan tek bir takım yoktur.

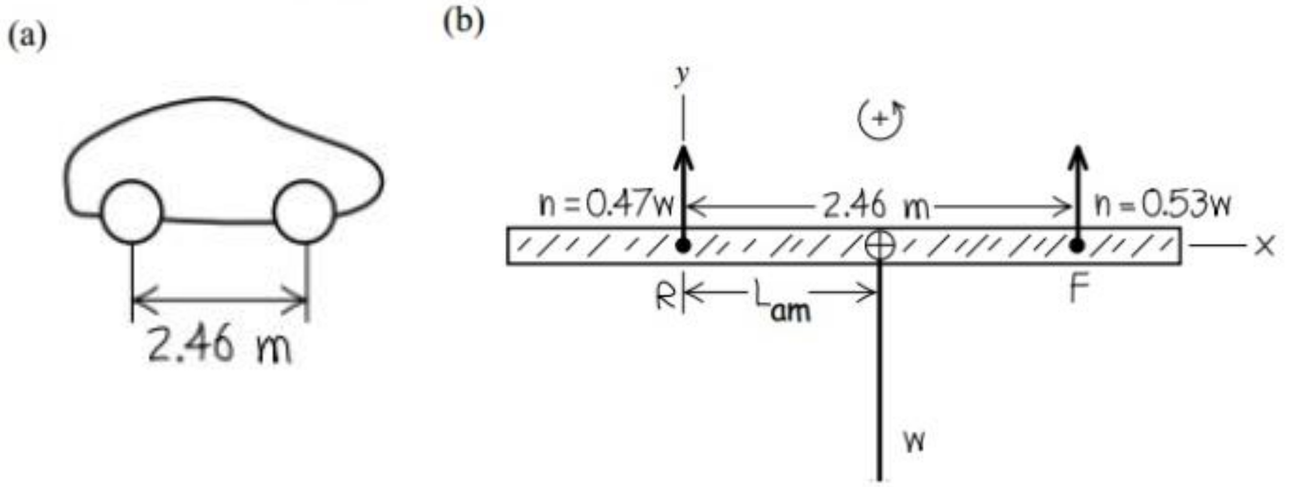
DEĞERLENDİRME Sonucu kontrol etmenin kolay bir yöntemi, farklı bir başlangıç noktası seçerek dengenin ikinci şartını, $\sum \tau_Z = 0$ tekrar yazmaktır. Her adımı doğru yaptıysanız, başlangıç noktası seçiminden bağımsız olarak yeni seçiminizde de aynı sonucu elde etmelisiniz.

Örnek 2. Arabanın ağırlık dağılımı

Bir otomobil dergisi bir spor arabanın ağırlığının % 53'ünün ön tekerleklerde, % 47'sinin arka tekerleklerde olduğunu yazıyor. Ön ve arka tekerlek dingili arası uzaklık bu modelde 2.46 m'dir. Bunun anlamı toplam normal kuvvetin ön tekerleklerde $0.53w$, arka tekerleklerde $0.47w$ olduğudur, burada w arabanın toplam ağırlığıdır. Arabanın ağırlık merkezi arka tekerleklerden ne kadar uzaktadır?

TASARLAMA: Şekil 11.8'de problem için çizimimiz ve serbest cisim diyagramı, x ve y-eksenleri ile birlikte görülüyor. Saat yönünün tersi olan tork pozitiftir. Arabanın ağırlığı w ağırlık merkezine uygulanmaktadır. Bulmak istediğimiz uzunluk L_{am}'dir. L_{am} aynı zamanda ağırlığın arka tekerlek dingili R'ye göre kuvvet koluna

11.8 Bu problem ile ilgili çizimimiz.



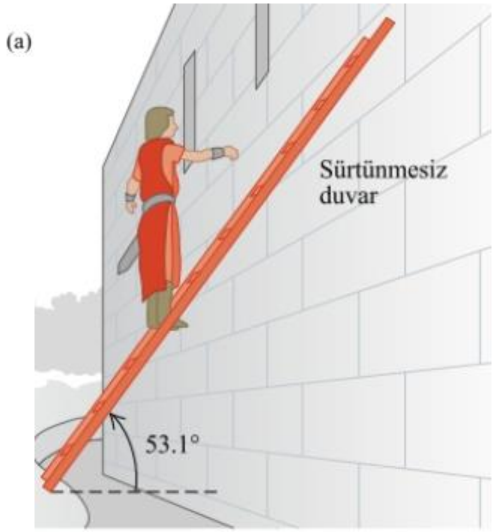
İŞLEM: Şekil 11.8b'de görüleceği üzere ilk denge koşulu $\sum F_x = 0$ doğal olarak sağlanmaktadır çünkü kuvvetin x-bileşenleri yoktur. $\sum F_y = 0$ koşulu da sağlanmaktadır çünkü $0.53w + 0.47w + (-w) = 0$. Kuvvet denklemlerimiz hedef değişkeni L_{am} içermiyor, bu nedenle arka tekerleklere göre tork denklemini uygulayarak

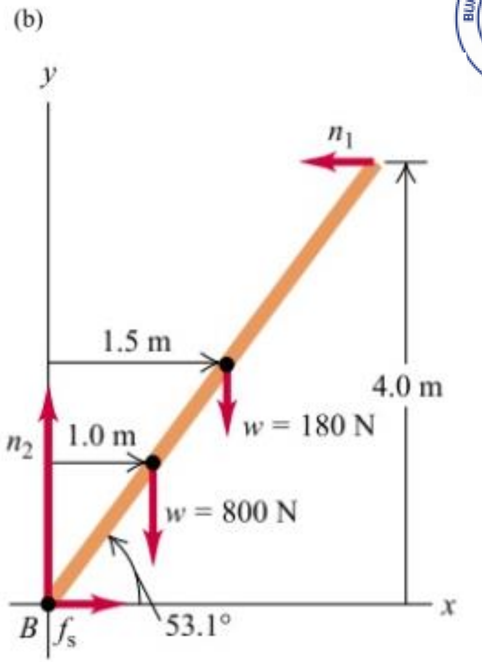
$$\sum \tau_R = 0.47w\,(0) - wL_{am} + 0.53w\,(2.46\text{ m}) = 0$$

$$L_{am} = 1.30\text{ m}$$

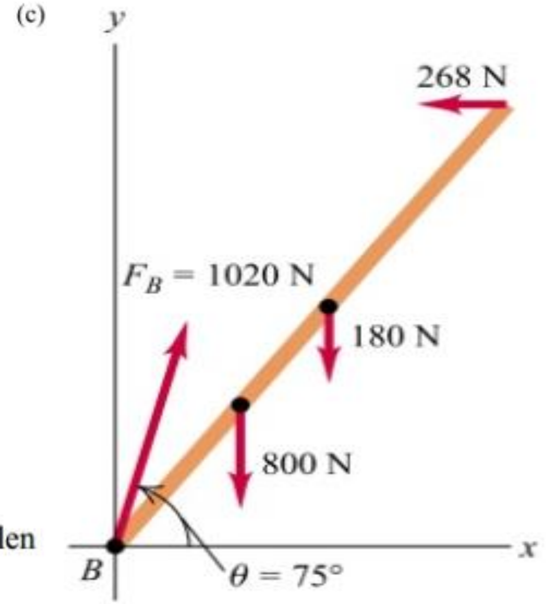
Örnek 3. Kahramanca bir kurtarış

Sör Lancelot, Lady Eleyn'i felaketler şatosundan 5 m uzunluğunda, ağırlığı 180 N olan, kütlesi düzgün dağılmış bir merdivenle tırmanarak kurtarmak istiyor. Ağırlığı 800 N olan Lancelot merdivenin 1/3'ünü tırmanıp duruyor. Merdivenin alt ucu taş bir zemine, üst ucu ise küf yüzünden iyice kaygan olmuş (sürtünmesiz) dikey duvara dayanmıştır (Şekil 11.9a). Merdiven yatay ile 53.1° açı yapmaktadır ve merdiven duvar zemin 5-4-3 üçgeni meydana getirir. (a) Zeminin merdivene uyguladığı normal kuvvet ile sürtünme kuvvetini bulunuz. (b) Merdivenin alt ucunun kaymaması için minimum statik sürtünme kat sayısı ne olmalıdır? (c) Zeminin merdivene uyguladığı temas kuvvetinin büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.





ÇÖZÜM



11.9 (a) Sör Lancelot yolun 1/3'ünde merdivenin kaymasından endişelenerek duraklıyor. (b) Lancelot ve merdivenden meydana gelen sistemin serbest cisim diyagramı. (c) B noktasında temas kuvveti normal kuvvet ile statik sürtünme kuvvetinin üst üste toplamıdır.

Örnek 3. Kahramanca bir kurtarış

Sör Lancelot, Lady Eleyn'i felaketler şatosundan 5 m uzunluğunda, ağırlığı 180 N olan, kütlesi düzgün dağılmış bir merdivenle tırmanarak kurtarmak istiyor. Ağırlığı 800 N olan Lancelot merdivenin 1/3'ünü tırmanıp duruyor. Merdivenin alt ucu taş bir zemine, üst ucu ise küf yüzünden iyice kaygan olmuş (sürtünmesiz) dikey duvara dayanmıştır (Şekil 11.9a). Merdiven yatay ile 53.1° açı yapmaktadır ve merdiven duvar zemin 5-4-3 üçgeni meydana getirir. (a) Zeminin merdivene uyguladığı normal kuvvet ile sürtünme kuvvetini bulunuz. (b) Merdivenin alt ucunun kaymaması için minimum statik sürtünme kat sayısı ne olmalıdır? (c) Zeminin merdivene uyguladığı temas kuvvetinin büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

İŞLEM: (a) Denklem (11.6)'dan ilk denge şartı

$$\sum F_x = f_s + (-n_1) = 0$$
$$\sum F_y = n_2 + (-800\text{ N}) + (-180\text{ N}) = 0$$

Bu iki denklem üç bilinmeyen n_1, n_2 ve f_s içeriyor. İlk denklem iki yatay kuvvetin eş büyüklükte zıt yönde olması gerektiğini söylüyor. İkinci denklemden ise,

$$n_2 = 980\text{ N}$$

Zeminin yukarı doğru 980 N bir kuvvetle itmesi, merdivenin ve Lancelot'un toplam ağırlıklarını (180 + 800) dengeler.

Bilinmeyenleri bulabilmek için yeterli sayıda denklem olmadığından, ikinci koşulu kullanarak yeni bir denklem yazıyoruz. Tork canımızın istediği bir noktaya göre hesaplayabiliriz. En akıllı seçim B noktası olur çünkü tork denkleminde en az terim ve en az bilinmeyeni verecektir; çünkü n_2 ve f_s kuvvetlerinin bu noktaya göre torku yoktur. Merdivenin ağırlığına karşılık gelen kuvvet kolu 1.5 m, Lancelot'un ağırlığına karşılık gelen kuvvet kolu 1 m ve n_1 için kol uzunluğu 4.0 m'dir. B noktası için tork denklemi;

$$\sum \tau_B = n_1\,(4.0\text{ m}) - (180\text{ N})\,(1.5\text{ m}) - (800\text{ N})\,(1.0\text{ m}) + n_2(0) + f_s(0) = 0$$

Bu denklemi n_1 için çözdüğümüzde $n_1 = 268$ N. Bu neticeyi $\sum F_x = 0$ denkleminin içine geri koyup iki tarafı eşitlersek,

$$f_s = 268\text{ N}$$

Örnek 3. Kahramanca bir kurtarış

Sör Lancelot, Lady Eleyn'i felaketler şatosundan 5 m uzunluğunda, ağırlığı 180 N olan, kütlesi düzgün dağılmış bir merdivenle tırmanarak kurtarmak istiyor. Ağırlığı 800 N olan Lancelot merdivenin 1/3'ünü tırmanıp duruyor. Merdivenin alt ucu taş bir zemine, üst ucu ise küf yüzünden iyice kaygan olmuş (sürtünmesiz) dikey duvara dayanmıştır (Şekil 11.9a). Merdiven yatay ile 53.1° açı yapmaktadır ve merdiven duvar zemin 5-4-3 üçgeni meydana getirir. (a) Zeminin merdivene uyguladığı normal kuvvet ile sürtünme kuvvetini bulunuz. (b) Merdivenin alt ucunun kaymaması için minimum statik sürtünme kat sayısı ne olmalıdır? (c) Zeminin merdivene uyguladığı temas kuvvetinin büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

(c) Zemin ile temas kuvveti $\vec{F}_B$'nin bileşenleri statik sürtünme kuvveti f_s ve normal kuvvet n_2'dir.

$$\vec{F}_B = f_s\hat{\imath} + n_2\hat{\jmath} = (268\ \mathrm{N})\hat{\imath} + (980\ \mathrm{N})\hat{\jmath}$$

$\vec{F}_B$'nin büyüklüğü ve yönü (Şekil 11.9c) şöyledir;

$$F_B = \sqrt{(268\mathrm{N})^2 + (980\mathrm{N})^2} = 1020\mathrm{N}$$

$$\theta = \arctan\frac{980\ \mathrm{N}}{268\ \mathrm{N}} = 75°$$

(b) Statik sürtünme kuvveti $f_s \mu n_2$'yi aşamaz. O halde kaymayı önleyecek minimum statik sürtünme katsayısı;

$$(\mu_s)_{\min} = \frac{f_s}{n_2} = \frac{268\ \mathrm{N}}{980\ \mathrm{N}} = 0.27$$

Gerilme, Şekil Değişimi, Esneklik Modülü

Bir kuvvetin etkisi altındaki katı cismin bozulmasını zor ve zorlanma kavramları ile açıklarız. Cisim üzerindeki birim alan başına uygulanan kuvvete zor, zorlanma ise cisimdeki bozulmanın bir ölçüsüdür. Yeteri kadar küçük zorlar için, zor ile zorlanma orantılıdır ve orantı sabitine de esneklik modülü denir.

$$Esneklik\ modülü = \frac{zor}{zorlanma}$$

Bozulmanın üç değişik şeklini göz önüne alacağız ve bunların her biri için bir esneklik modülünü tanımlayacağız:

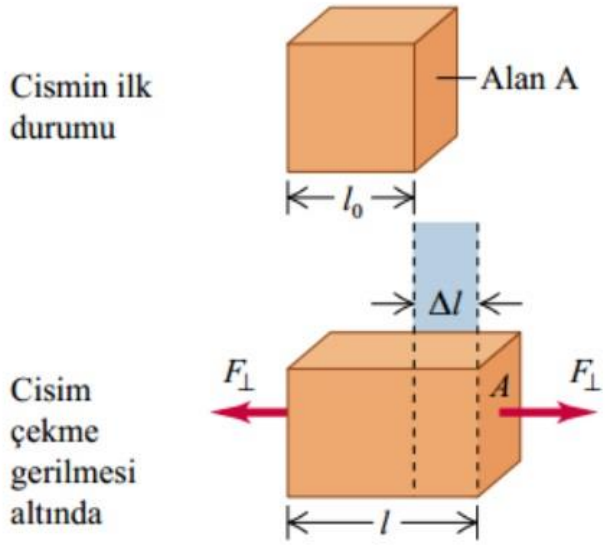
1. Katının, uzunluğundaki bir değişime karşı gösterdiği direncin bir ölçüsü olana **"Young sabiti"** (**Young modülü**).
2. Katının, atomik düzlemlerinin birbiri üzerinde kayması şeklinde ortaya çıkan harekete karşı gösterdiği direncin bir ölçüsü olan **"kesme sabiti"** (**makaslama modülü**).
3. Katıların veya sıvıların, hacimlerinde meydan gelecek değişime karşı gösterdikleri direncin bir ölçüsü olan **hacim (bulk) modülü**.

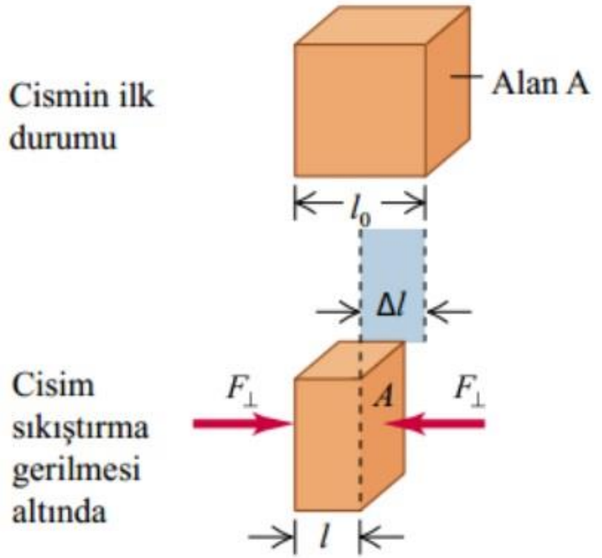
Young Modülü

Kuvvetin etkisi altındaki katının boyundaki değişim şekildeki gibi (çekme veya sıkıştırma) ise Young modülünü aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz;

$$Y = \frac{gerilme\ zoru}{gerilme\ zorlanması}$$

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$$





Örnek 4.

Çekme gerilimi ve şekil değişimi

2.0 m uzunluğunda çelik bir çubuğun kesit alanı 30 cm²'dir. Çubuk bir ucundan tavana sabitlenmiş, diğer ucuna (aşağıdaki uç) 550 kg'lık öğütmeye yarayan bir alet asılmıştır. Çubuktaki gerilmeyi, şekil değişimini ve uzamayı bulunuz.

ÇÖZÜM

BELİRLEME: Bu örnek gerilmenin, şekil değişiminin ve Young modülünün tanımları kullanıyor. Young modülü çekme gerilimi altındaki bir cisim için uygun bir esneklik modülüdür.

$$Esneklik\ modülü = \frac{zor}{zorlanma}$$

$$Y = \frac{\text{Çekme Gerilmesi}}{\text{Çekme Şekil Değişimi}} = \frac{F_\perp / A}{\Delta l / l_0} = \frac{F_\perp}{A}\frac{l_0}{\Delta l} \quad \text{(Young Modülü)}$$

İŞLEM:

$$\text{Gerilme} = \frac{F_\perp}{A} = \frac{(550\ \text{kg})(9.8\ \text{m/s}^2)}{3.0 \times 10^{-5}\ \text{m}^2} = 1.8 \times 10^8\ \text{Pa}$$

$$\text{Şekil değişimi} = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{\text{Gerilme}}{Y} = \frac{1.8 \times 10^8\ \text{Pa}}{20 \times 10^{10}\ \text{Pa}} = 9.0 \times 10^{-4}$$

Çelik için $\text{Y} = 20x10^{10}\ Pa$

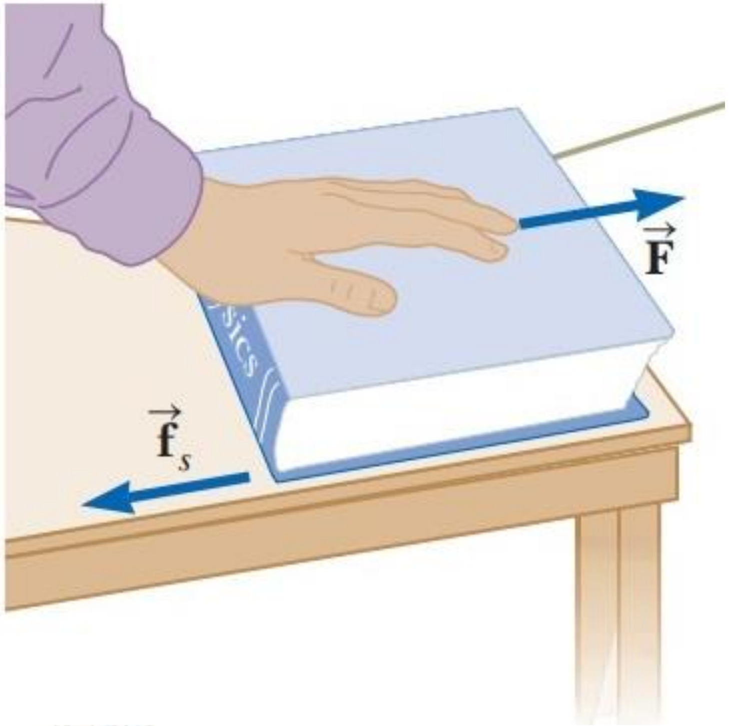
$$\text{Uzama} = \Delta l = (\text{Şekil değişimi}) \times l_0 = (0.0 \times 10^{-4})(2.0\ \text{m})$$
$$= 0.0018\ \text{m} = 1.8\ \text{mm}$$

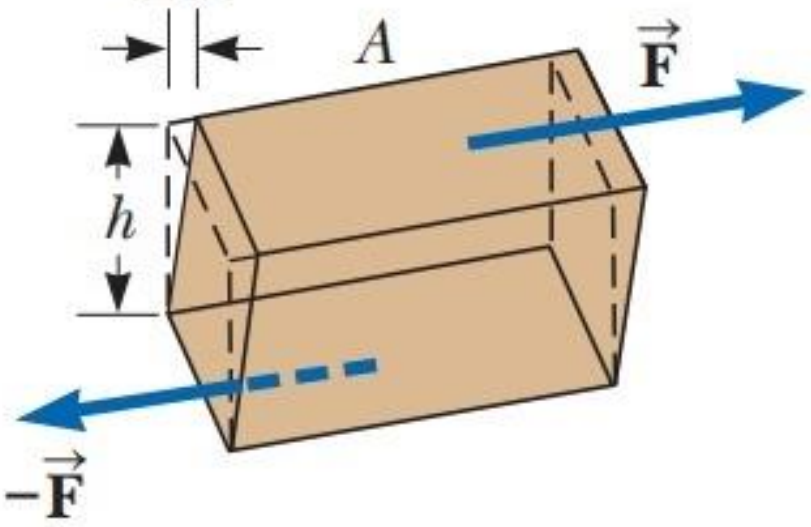
Makaslama Modülü

Kuvvetin etkisi altındaki katının kesitindeki değişim şekildeki gibi olduğu durumlarda makaslama modülü ile tanımlanır ve aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz;

$$S = \frac{kesme\ zoru}{kesme\ zorlanması}$$

$$S = \frac{F/A}{\Delta x/h}$$



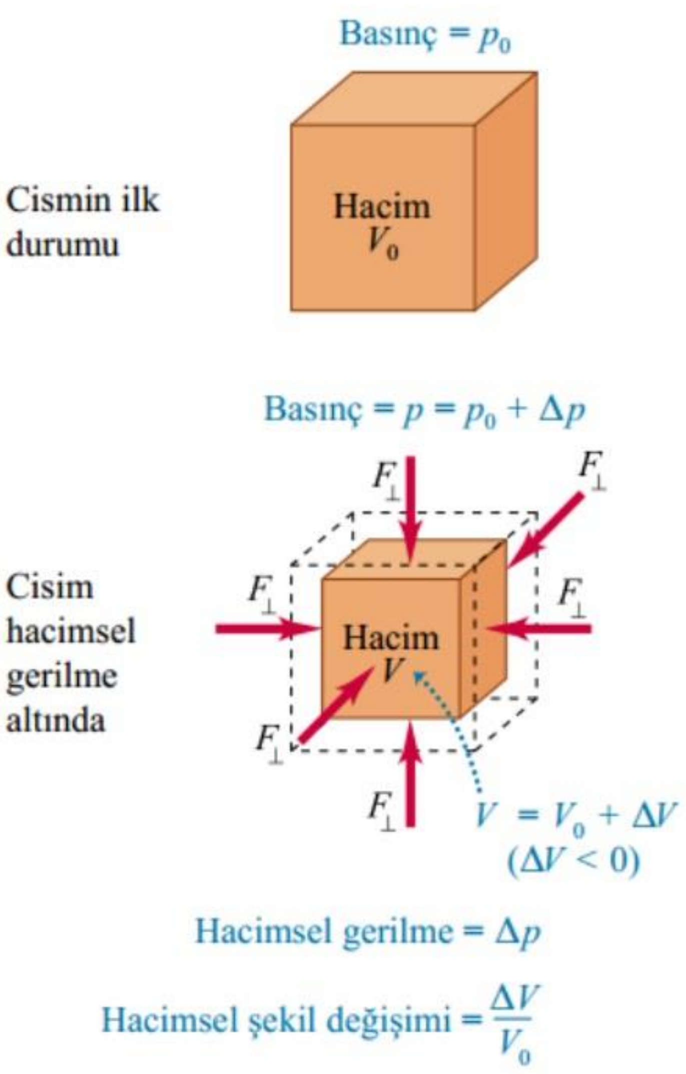


Hacim Modülü

Cisme etki eden tüm kuvvetler cismin yüzeylerine dik olarak uygulandığını ve yüzeylere düzgün dağıldığını kabul edelim. Böyle bir durum şekilde gösterilmiştir ve bu durumda hacminde meydana gelen değişimi tarif eden hacim modülünü şu şekilde ifade edebiliriz;

$$B = \frac{hacim\ zoru}{hacim\ zorlanması}$$

$$B = -\frac{F/A}{\Delta V/V_0} = -\frac{\Delta P}{\Delta V/V_0}$$



Örnek 5. **Pirinçten Bir Kürenin Büzülmesi**

Katı pirinçten bir küre başlangıçta havayla çevrelidir ve üzerine etki eden hava basıncı $1 \times 10^5\ \mathrm{N/m^2}$ 'dir (normal atmosfer basıncı). Havada $0{,}5\ \mathrm{m^3}$ hacmindeki içi dolu kurşun bir küre okyanusta suyun basıncının $2 \times 10^7\ \mathrm{N/m^2}$ olduğu derinliğe indiriliyor. Kürenin hacmindeki değişmeyi bulunuz.

Çözüm: Bulk (hacim) modülü tanımından,

$$B = -\frac{\Delta P}{\Delta V / V_i}$$

veya

$$\Delta V = -\frac{V_i \Delta P}{B}$$

yazılır. Son durumdaki basınç, başlangıçtaki basınçtan çok daha büyük olduğundan, başlangıçtaki basıncı ihmal edebilir ve $\Delta P = P_{son} - P_i \approx P_{son} = 2 \times 10^7\ \mathrm{N/m^2}$ olduğunu söyleyebiliriz. Böylece

$$\Delta V = -\frac{(0{,}5\ \mathrm{m^3})(2 \times 10^7\ \mathrm{N/m^2})}{6{,}1 \times 10^9\ \mathrm{N/m^2}} = -1{,}6 \times 10^{-3}\ \mathrm{m^3}$$

elde edilir. Bu ifadedeki eksi işareti hacmin küçüldüğünü göstermektedir.

Pirinç için için $\mathrm{B} = 6.1x10^9\ Pa$

DİNLEDİĞİNİZ İÇİN
TEŞEKKÜRLER

ve

TEKRAR ETMEYİ UNUTMAYINIZ